

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Juni 2003 (12.06.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/048802 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01S 13/58,
13/34

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/04273

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, KR, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. November 2002 (20.11.2002)

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 58 270.6 28. November 2001 (28.11.2001) DE

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die fol-
genden Bestimmungsstaaten JP, KR, europäisches Patent
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR)
— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

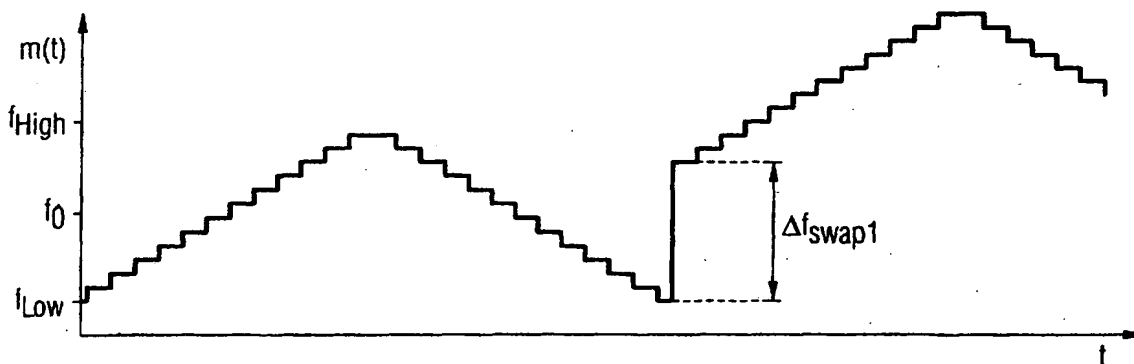
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KUNERT, Martin
[DE/DE]; Hans-Herget-Str. 13, 93073 Neutraubling (DE).
PREIS, Christian [DE/DE]; Birkenstr. 3, 84095 Furth
(DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: RADAR SYSTEM

(54) Bezeichnung: RADARSYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to a radar system which emits a frequency-modulated emission signal ($T(t)$) and receives a reception signal ($R(t)$) reflected by at least one object, in order to determine the speed and/or the distance of at least one object to be located. In order to reduce or eliminate fading effects, the inventive radar system carries out at least one frequency shift (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} and Δf_{swap3}) of the frequency-modulated emission signal ($T(t)$).

(57) Zusammenfassung: Ein Radarsystem sendet ein frequenzmoduliertes Sendesignal ($T(t)$) aus und empfängt ein von einem oder mehreren Objekten reflektiertes Empfangssignal ($R(t)$), um die Geschwindigkeit und/oder die Entfernung von zumindest einem zu ortenden Objekt zu bestimmen. Zur Verringerung oder Elimination von Fading-Effekten führt das Radarsystem zumindest eine Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} und Δf_{swap3}) des frequenzmodulierten Sendesignals ($T(t)$) durch.

WO 03/048802 A2

Beschreibung

Radarsystem

5 Die Erfindung betrifft ein Radarsystem, das ein frequenzmoduliertes Sendesignal aussendet und ein von einem oder mehreren Objekten reflektiertes Empfangssignals empfängt, um die Geschwindigkeit und/oder die Entfernung von zumindest einem zu ortenden Objekt zu bestimmen.

10 Die Radartechnik ist unter anderem für den Einsatz im Automobil oder in der Industrie zur Ortung von Objekten besonders geeignet, wobei die Entfernung und/oder die Geschwindigkeit und/oder die Beschaffenheit und/oder die Anwesenheit von einem oder mehreren Objekten erfasst werden kann. Die Funktionalität, die Messgenauigkeit und die Kosten von Radarsystemen hängen wesentlich vom angewandten Modulationsverfahren und der zugehörigen Radar-Signalverarbeitung ab, wobei insbesondere das Pulsmodulationsverfahren, das Frequenzmodulationsverfahren und das Dopplerverfahren weit verbreitet sind.

20 Beim Pulsmodulations- beziehungsweise Pulslaufzeitverfahren wird ein kurzer Radarpuls in Richtung Messobjekt ausgesendet und nach einer bestimmten Laufzeit als reflektierter Puls wieder empfangen. Die Laufzeit des Radarpuls ist direkt proportional zum Abstand zum Messobjekt.

30 Beim insbesondere zur Abstandsmessung eingesetzten FMCW-Radarprinzip (FMCW = Frequency Modulated Continuous Wave / frequenzmodulierte kontinuierliche Welle) wird ein frequenzmoduliertes Radarsignal ausgesendet, das phasen- beziehungsweise frequenzverschoben empfangen wird. Die gemessene Phasen- beziehungsweise Frequenzdifferenz, die typischerweise im Kilohertzbereich liegt, ist proportional zum Objektabstand.

35 Beim Doppler-Radar wird ein zeitlich konstantes Radarsignal ausgesendet, das phasen- beziehungsweise frequenzverschoben

empfangen wird. Die gemessene Phasen- beziehungsweise Frequenzdifferenz, die auch in diesem Fall typischerweise im Kilohertzbereich liegt, ist proportional zur Objektgeschwindigkeit.

5

Sowohl bekannte FMCW-Radarsysteme als auch bekannte Doppler-Radarsysteme werden immer im gleichen Betriebsfrequenzbereich betrieben. Dabei kommt es insbesondere in einer Mehrzielumgebung mit nah benachbarten Zielobjekten, die häufig bei Radar-
10 anwendungen in der Automobiltechnik auftreten, oft zu einem Verlust der Objektdetektion. Die Detektion der von Objekten reflektierten Radarstrahlung hängt von mehreren Faktoren ab. Die Reflektivität, ausgedrückt als Radarquerschnitt oder RCS (RCS = Radar Cross Section / Radarquerschnitt), hängt von den
15 Objekteigenschaften ab und variiert mit dem Betrachtungswinkel. Durch Superposition beziehungsweise Auslöschung von Mehrwegausbreitungen entstehen ebenfalls Amplitudenschwankungen, die allgemein als Fading bezeichnet werden. Das durch den Radarquerschnitt und Mehrwegeeffekte hervorgerufene Fading
20 der Amplitude ist nicht kontrollierbar und beeinflusst die Detektierbarkeit von Reflexionssignalen. Unter Amplitude ist in diesem Zusammenhang insbesondere die Amplitude eines Mischerausgangssignals zu verstehen.

25 Ein weiterer Fading-Effekt beruht auf der konstruktiven beziehungsweise destruktiven Überlagerung der reflektierten Signale, insbesondere von verschiedenen, nah benachbarten Zielobjekten. Im Allgemeinen hängt das Auflösungsvermögen eines Radarsystems von der Bandbreite ab. Objekte, deren rela-
30 tiver Abstand größer als die Auflösungsgrenze des Radarsystems ist, können klar getrennt werden. Unterhalb des Auflösungsvermögens des Radarsystems kommt es zu starken Interferenzeffekten zwischen den Reflexionssignalen, insbesondere verschiedener nah benachbarter Zielobjekte. Dabei hängt es
35 von der relativen Phase ab, ob die Reflexionssignale verschiedener Zielobjekte konstruktiv oder destruktiv miteinander interferieren. Die Bedingung für eine Auslöschung hängt

von der Entfernung der Zielobjekte untereinander und der benutzten Wellenlänge des Radarsignals ab. Destruktive Interferenz kann zu einer vollständigen Auslöschung des Reflexions-
signals führen und somit die Detektion eines Ziels mit mehreren nah benachbarten Reflexionspunkten oder aber die Detekti-
on nah benachbarter Zielobjekte unmöglich machen.

Somit kommt es, insbesondere bei Radaranwendungen in der Automobiltechnik, häufig zu einem Verlust der Objektdetektion, falls die Entfernung der Zielobjekte untereinander und die Wellenlänge genau die Bedingung für eine Amplitudenauslöschung erfüllen, insbesondere am Mischer.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäßen Radarsysteme derart weiterzubilden, dass die vorstehend erläuterten Fading-Effekte eliminiert oder zumindest verringert werden.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Das erfindungsgemäße Radarsystem baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass es zur Verringerung oder Elimination von Fading-Effekten zumindest eine Frequenzverschiebung des frequenzmodulierten Sendesignals durchführt. Durch diese Lösung werden die relativen Phasen zwischen den Reflexionssignalen von Objekten unterschiedlicher Entfernung verändert. Dabei kann beispielsweise von Messzyklus zu Messzyklus die absolute Sendefrequenz des Radars nach einem vorgegebenen Schema variiert werden, so dass im Falle eines totalen Fadings im nächsten Zyklus sicher wieder eine Amplitude erfasst werden kann. Die Amplitudendetektion wird dabei ermöglicht, indem durch die Wellenlängenänderung der Totalauslöschung gerade entgegengewirkt wird. Das erfindungsgemäße Radarsystem kann sowohl im Zusammenhang mit dem Doppler-

Verfahren als auch im Zusammenhang mit dem FMCW-Verfahren eingesetzt werden.

Bei bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Radarsystems ist vorgesehen, dass Fading-Effekte am Ausgang eines Mixers verringert oder eliminiert werden. Der Mixer liefert üblicherweise eine Phasen- beziehungsweise Frequenzdifferenz eines aktuellen Sendesignals und eines aktuellen Empfangssignals.

Es kann vorteilhaft sein, wenn bei dem erfindungsgemäßen Radarsystem vorgesehen ist, dass es die Frequenzverschiebung des frequenzmodulierten Sendesignals zyklusweise durchführt. Bei dem Zyklus kann es sich insbesondere um einen Messzyklus handeln. Wird beispielsweise eine kontinuierliche oder diskrete periodische Frequenzrampe zur Erzeugung eines frequenzmodulierten Sendesignals mit variabler Frequenz eingesetzt, kann die Frequenzverschiebung nach jeder Periode der Frequenzrampe vorgenommen werden. Bei einer Betriebsfrequenz von 24 GHz kann die Frequenzverschiebung beziehungsweise der Frequenzversatz im Bereich einiger MHz liegen und beispielsweise + 100 MHz, + 200 MHz, - 200 MHz, + 100 MHz, + 200 MHz, ... betragen.

Es kann ebenfalls vorteilhaft sein, wenn bei dem erfindungsgemäßen Radarsystem vorgesehen ist, dass es die Frequenzverschiebung des frequenzmodulierten Sendesignals für einzelne Abtastwerte durchführt. Eine zeitliche Verschachtelung von jeweils einem Messpunkt einer aufwärts- beziehungsweise abwärtslaufenden Frequenzrampe stellt dabei eine besonders wirkungsvolle und effiziente Ausführungsform dar, da beide Frequenzrampen praktisch gleichzeitig aufgenommen werden.

Insbesondere im Hinblick auf das FMCW-Verfahren kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass das frequenzmodulierte Sendesignal unabhängig von der Frequenzverschiebung ein frequenzmoduliertes Sendesignal mit variabler Frequenz ist. Der-

artige Verfahren sind, wie erwähnt, insbesondere zur Entfernung- beziehungsweise Abstandsbestimmung geeignet.

5 In diesem Zusammenhang kann weiterhin vorgesehen sein, dass die variable Frequenz des frequenzmodulierten Sendesignals kontinuierlich variiert wird, zumindest mit Ausnahme der Frequenzverschiebung.

10 Alternativ kann bei dem erfindungsgemäßen Radarsystem vorgesehen sein, dass die variable Frequenz des frequenzmodulierten Sendesignals in diskreten Stufen variiert wird, zumindest mit Ausnahme der Frequenzverschiebung. Die Erzeugung von diskreten Frequenzstufen ist in der Praxis in vielen Fällen einfacher durchzuführen, als die Erzeugung einer kontinuierlichen Frequenzrampe.

Insbesondere im Zusammenhang mit Geschwindigkeitsmessungen kann bei dem erfindungsgemäßen Radarsystem vorgesehen sein, dass das frequenzmodulierte Sendesignal mit Ausnahme von der Frequenzverschiebung ein frequenzmoduliertes Sendesignal mit konstanter Frequenz ist. Beispielsweise kann die erfindungsgemäße Lösung auf ein reines Doppler-Signal angewendet werden. Dabei kann beispielsweise nur zwischen zwei Betriebsfrequenzen oder auch zwischen mehreren Frequenzstufen hin und her gewechselt werden. Das erfindungsgemäße Radarsystem kann verschiedene Betriebsweisen vorsehen, die sowohl frequenzmodulierte Sendesignale mit konstanter Frequenz als auch mit variabler Frequenz vorsehen. Die jeweilige Betriebsweise kann dabei vorzugsweise applikationsabhängig gewählt werden.

30

Bei bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Radarsystems ist, wie erwähnt, vorgesehen, dass die Frequenzverschiebung durch zumindest eine Verschiebung der absoluten Betriebsfrequenz durchgeführt wird.

35

Weiterhin werden Ausführungsformen bevorzugt, bei denen vorgesehen ist, dass das frequenzmodulierte Sendesignal durch

einen spannungsgesteuerten Oszillator moduliert wird, und dass die Frequenzverschiebung durch zumindest eine Ansteuer-
spannungsverschiebung der Ansteuerspannung des spannungsge-
steuerten Oszillators hervorgerufen wird. Dabei kommen auch
5 Ausführungsformen in Betracht, bei denen der spannungsgesteu-
erte Oszillator mit einem Schalter zusammenwirken, der insbe-
sondere zur Begrenzung der Sendezeit vorgesehen sein kann. Ü-
ber eine Begrenzung der Sendezeit kann beispielsweise der
Messbereich des Radarsystems definiert beziehungsweise eine
10 Bandbegrenzung vorgenommen werden, so dass auf Anti-Aliasing-
Filter verzichtet werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Radarsystem wird bevorzugt, dass es
zumindest in einer ersten Betriebsart nach dem FMCW-Verfahren
15 betrieben wird.

Dabei ist vorzugsweise zusätzlich vorgesehen, dass es zumin-
dest in einer zweiten Betriebsart nach dem Doppler-Verfahren
betrieben wird.

20

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es möglich
ist, Fading der Amplitude des Mischersignals aufgrund von
Mehrzieleffekten durch Variation der absoluten Sendefrequenz
zu vermeiden. Dabei kann beispielsweise von Messzyklus zu
25 Messzyklus die absolute Betriebsfrequenz nach einem vorgege-
benen Schema variiert werden, wobei mindestens eine Frequenz-
verschiebung hin zu höheren und/oder tieferen Betriebswerten
erfolgt. Die Anzahl der Abfolge der verschiedenen Frequenz-
verschiebungen kann bei allen Ausführungsformen applikations-
30 und/oder situationsbezogen variieren.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten
Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft
erläutert.

35

Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Radarsystems;

5

Figur 2a einen möglichen Verlauf einer kontinuierlichen Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungsgesteuerten Oszillator mit zeitsequenzieller Frequenzverschiebung;

10

Figur 2b einen möglichen Verlauf einer diskreten Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungsgesteuerten Oszillator mit zeitsequenzieller Frequenzverschiebung;

15

Figur 3a einen möglichen Verlauf einer kontinuierlichen Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungsgesteuerten Oszillator mit zeitparalleler Frequenzverschiebung;

20

Figur 3b einen möglichen Verlauf einer diskreten Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungsgesteuerten Oszillator mit zeitparalleler Frequenzverschiebung;

25

Figur 4a einen möglichen Verlauf einer Ansteuerung für einen spannungsgesteuerten Oszillator zur Erzeugung eines Bitfrequenz-Dopplersignals; und

30

Figur 4b einen möglichen Verlauf einer Ansteuerung für einen spannungsgesteuerten Oszillator zur Erzeugung eines Multifrequenz-Dopplersignals.

35

Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Radarsystems. Bei dem dargestellten System handelt es sich um ein monostatisch betriebenes System mit Zweikreisamplung. Ein insgesamt mit 26 bezeichneter Mikro-

controller bildet eine Auswerteeinrichtung 10, die auf der Grundlage einer Spektralanalyse eines aus einem Sendesignal $T(t)$ und einem Empfangssignal $R(t)$ gebildeten Messsignals $h(t)$ die Geschwindigkeit und/oder die Entfernung von zumindest einem zu ortenden Objekt bestimmt. Weiterhin umfasst der Mikrocontroller 26 Mittel 12 zur Erzeugung eines Spannungsverlaufs $m(t)$, der einem spannungsgesteuerten Oszillator 24 zugeführt wird, um ein frequenzmoduliertes Sendesignal $T(t)$ zu erzeugen. Der Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators 24 ist mit dem Eingang eines Schalters 22 verbunden, der das frequenzmodulierte Sendesignal $T(t)$ zu seinem Ausgang durchschaltet, wenn ein ebenfalls von dem Mikrocontroller 26 erzeugter Leistungstakt $a(t)$ logisch eins ist. Die Zeitdauer, die der Leistungstakt $a(t)$ logisch eins ist, kann somit bei bestimmten Ausführungsformen die Sendepulslänge festlegen, falls kein kontinuierlicher Betrieb erwünscht ist. Das von dem Schalter 22 durchgeschaltete frequenzmodulierte Sendesignal $T(t)$ wird einem Mischer 20 zugeführt und von dort zur Sende- und Empfangsantenne TX/RX weitergeleitet. Ein von einem oder mehreren zu ortenden Objekten reflektiertes Empfangssignal $R(t)$ wird in an sich bekannter Weise ebenfalls dem Mischer 20 zugeführt. Der Mischer 20 liefert ein Mischerausgangssignal $i(t)$, das einer Sample- and Holdschaltung 18 zugeführt wird, die somit dem Hochfrequenzkreis zugeordnet ist. Der Sample- and Holdschaltung 18 werden weiterhin mehrere Steuersignale zugeführt, von denen ein Ansteuersignal $c(t)$ sowie ein Samplesignal $s(t)$ dargestellt sind. Der Ausgang der Sample- and Holdschaltung 18 ist mit dem Eingang eines Verstärkers 16 verbunden, der beispielsweise einen an den jeweiligen Messbereich angepassten Verstärkungsfaktor aufweisen kann. Der Ausgang des Verstärkers 16 steht mit einem Analog-Digitalwandler 14 in Verbindung, der ein digitales Messsignal $h(t)$ liefert, wenn ihm ein Triggersignal $u(t)$ zugeführt wird. Wenn die Frequenz des frequenzmodulierten Ausgangssignals $T(t)$ variiert wird, enthält das Spektrum des Mischerausgangssignals $i(t)$ beispielsweise Informationen über die Entfernung eines oder mehrere Zielobjekte. Wenn die Frequenz des fre-

quenzmodulierten Sendesignals $T(t)$ konstant gehalten wird, enthält das Spektrum des Mischerausgangssignals $i(t)$ insbesondere Informationen über die Geschwindigkeit eines geordneten Objekts, entsprechend dem an sich bekannten Doppler-Radar-Verfahren. Obwohl bei der Ausführungsform gemäß Figur 1 aufgrund der Sample- and Holdschaltung 18 und der weiteren dem Analog-Digitalwandler 14 zugeordneten Sample- and Holdschaltung ein Zweikreis-Sampling vorgesehen ist, kann der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung auch auf Ausführungsformen angewendet werden, bei denen lediglich ein Analog-Digitalwandler mit einer Sample- and Holdschaltung vorgesehen ist. Bei der dargestellten Ausführungsform erfolgt die Frequenzverschiebung zur Elimination von Fading-Effekten, indem eine Ansteuerspannungsverschiebung der Ansteuerspannung $m(t)$ des spannungsgesteuerten Oszillators 24 hervorgerufen wird.

Figur 2a zeigt einen möglichen Verlauf einer kontinuierlichen Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungsgesteuerten Oszillator mit zeitsequenzieller Frequenzverschiebung und Figur 2b zeigt einen möglichen Verlauf einer diskreten Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungsgesteuerten Oszillator mit zeitsequenzieller Frequenzverschiebung. Dabei sind die in Figur 2b dargestellten diskreten Frequenzstufen in der Praxis sehr viel einfacher zu erzeugen als die in Figur 2a dargestellte kontinuierliche Frequenzrampe. Sowohl bei Figur 2a als auch bei Figur 2b erfolgt die Frequenzverschiebung messzyklusweise, wobei jeweils nur eine Frequenzverschiebung Δf_{swap1} dargestellt ist. Die Frequenzverschiebung kann allgemein um einen oder mehrere feste oder situationsabhängige Frequenzwerte verschoben werden. Beispielsweise kann der Frequenzversatz bei einer Betriebsfrequenz von 24 GHz im Bereich von einigen MGHz liegen und beispielsweise + 100 MHz, + 200 MHz, - 200 MHz, + 100 MHz, + 200 MHz, ... betragen.

Figur 3a zeigt einen möglichen Verlauf einer kontinuierlichen Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungs-

gesteuerten Oszillator mit zeitparalleler Frequenzverschiebung und Figur 3b zeigt einen möglichen Verlauf einer diskreten Ansteuerung in Form eines Rampensignals für einen spannungsgesteuerten Oszillator mit zeitparalleler Frequenzverschiebung. Sowohl bei dem Kurvenverlauf gemäß Figur 3a als auch bei dem Kurvenverlauf gemäß Figur 3b wird die Betriebsfrequenz nicht messzyklusweise sondern für jeden einzelnen Abtastwert verschoben. Die jeweilige Frequenzverschiebung ist auch in den Figuren 3a und 3b durch Δf_{swap1} kenntlich gemacht.

Figur 4a zeigt einen möglichen Verlauf einer Ansteuerung für einen spannungsgesteuerten Oszillator zur Erzeugung eines Bitfrequenz-Dopplersignals und Figur 4b zeigt einen möglichen Verlauf einer Ansteuerung für einen spannungsgesteuerten Oszillator zur Erzeugung eines Multifrequenz-Dopplersignals.

Bei dem in Figur 4a dargestellten Ansteuerungssignal $m(t)$ ergibt sich ein frequenzmoduliertes Sendesignal $T(t)$, das periodisch zwischen einer ersten Doppler-Frequenz f_{Doppler1} und einer zweiten Doppler-Frequenz f_{Doppler2} wechselt. Im Gegensatz hierzu ergibt sich bei dem Kurvenverlauf gemäß Figur 4b ein Multifrequenz-Dopplersignal, wobei über drei unterschiedliche Frequenzverschiebungen Δf_{swap1} , Δf_{swap2} und Δf_{swap3} vier unterschiedliche Doppler-Frequenzen f_{Doppler1} , f_{Doppler2} , f_{Doppler3} und f_{Doppler4} für das Sendesignal $T(t)$ erzeugt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die in den Figuren 4a und 4b dargestellten Frequenzänderungen nicht zur Verwirklichung eines Doppler-Radarsystems erforderlich, sondern ausschließlich zur erfindungsgemäßen Verringerung oder Elimination von Fading-Effekten vorgesehen sind.

Hinsichtlich der Figuren 2a bis 4b wird noch darauf hingewiesen, dass auf der Abszisse stets die Zeit aufgetragen ist.

Obwohl es sich bei dem Ansteuersignal $m(t)$ im dargestellten Fall um einen Spannungsverlauf handelt, sind auf der Ordinate jeweils die Frequenzen kenntlich gemacht, die sich für einen entsprechenden Spannungsverlauf für das Sendesignal $T(t)$ ergeben.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die
5 Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Radarsystem, das ein frequenzmoduliertes Sendesignal
($T(t)$) aussendet und ein von einem oder mehreren Objekten re-
5 flektiertes Empfangssignals ($R(t)$) empfängt, um die Geschwin-
digkeit und/oder die Entfernung von zumindest einem zu orten-
den Objekt zu bestimmen,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es zur Verringerung oder Elimination von Fading-Effekten
10 zumindest eine Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3})
des frequenzmodulierten Sendesignals ($T(t)$) durchführt.
2. Radarsystem nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 dass Fading-Effekte am Ausgang eines Mischers (20) verringert
oder eliminiert werden.
3. Radarsystem nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
20 dass es die Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}) des
frequenzmodulierten Sendesignals ($T(t)$) zyklusweise durch-
führt.
4. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es die Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}) des
frequenzmodulierten Sendesignals ($T(t)$) für einzelne Abtast-
werte durchführt.
- 30 5. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das frequenzmodulierte Sendesignal ($T(t)$) unabhängig von
der Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}) ein fre-
quenzmoduliertes Sendesignal ($T(t)$) mit variabler Frequenz
35 ist.
6. Radarsystem nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die variable Frequenz des frequenzmodulierten Sendesignals ($T(t)$) kontinuierlich variiert wird, zumindest mit Ausnahme der Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}).

5

7. Radarsystem nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die variable Frequenz des frequenzmodulierten Sendesignals ($T(t)$) in diskreten Stufen variiert wird, zumindest mit
10 Ausnahme der Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}).

8. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das frequenzmodulierte Sendesignal ($T(t)$) mit Ausnahme
15 der Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}) ein frequenzmoduliertes Sendesignal ($T(t)$) mit konstanter Frequenz ist.

9. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Frequenzverschiebung durch zumindest eine Verschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}) der absoluten Betriebsfrequenz durchgeführt wird.

25 10. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das frequenzmodulierte Sendesignal ($T(t)$) durch einen spannungsgesteuerten Oszillator (24) moduliert wird, und dass die Frequenzverschiebung (Δf_{swap1} , Δf_{swap2} , Δf_{swap3}) durch zumindest
30 eine Ansteuerspannungsverschiebung der Ansteuerspannung ($m(t)$) des spannungsgesteuerten Oszillators (24) hervorgerufen wird.

11. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es zumindest in einer ersten Betriebsart nach dem FMCW-Verfahren betrieben wird.

12. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass es zumindest in einer zweiten Betriebsart nach dem Dopp-
5 ler-Verfahren betrieben wird.

FIG 1

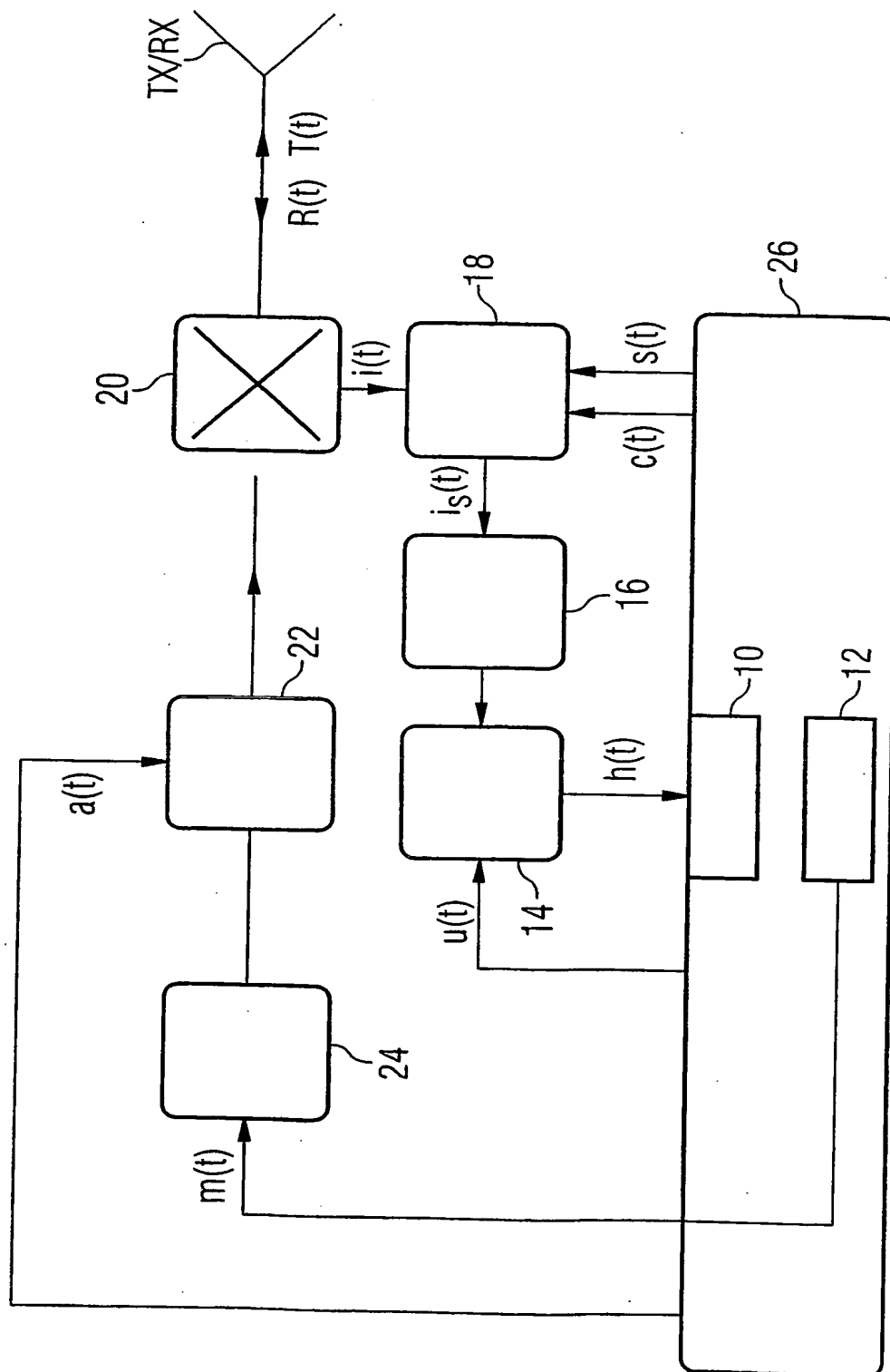


FIG 2A

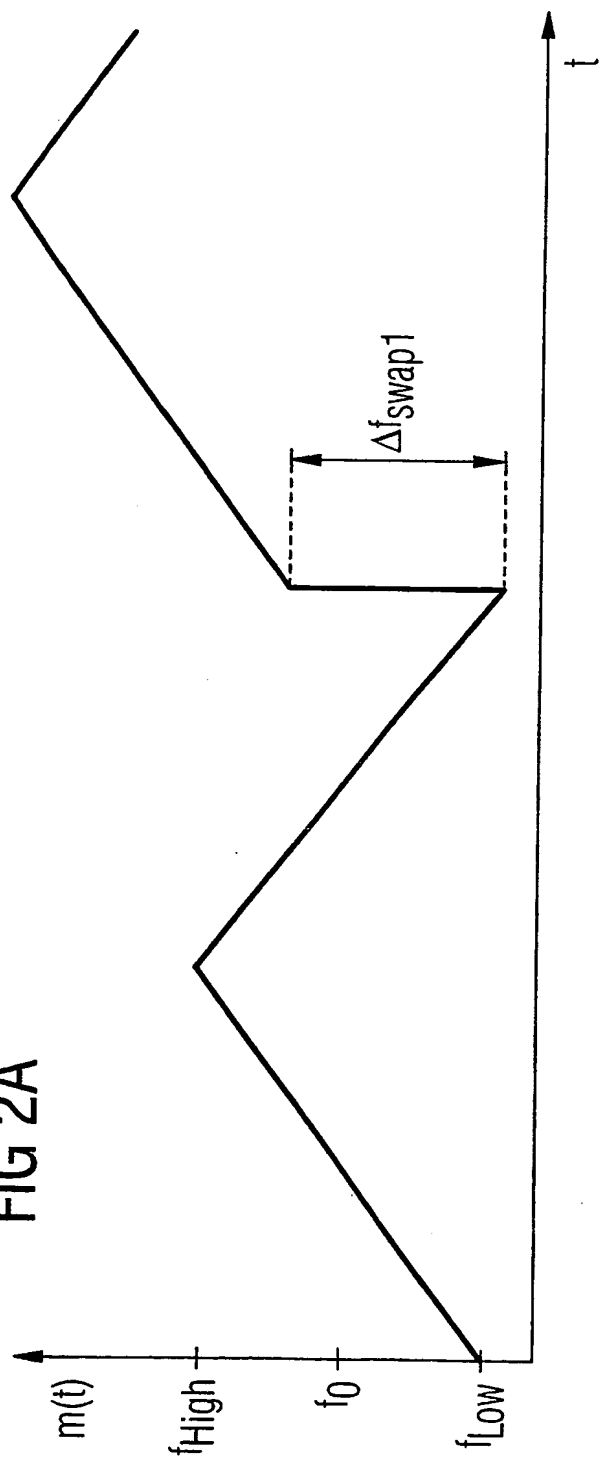


FIG 2B

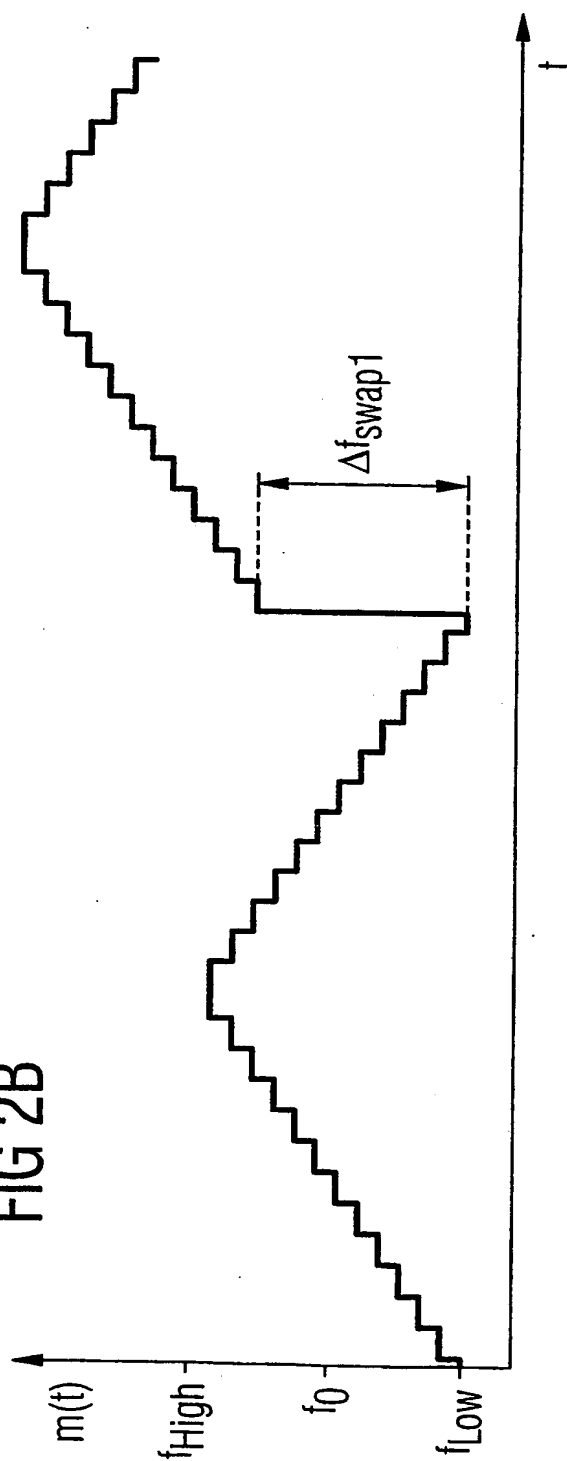


FIG 3A

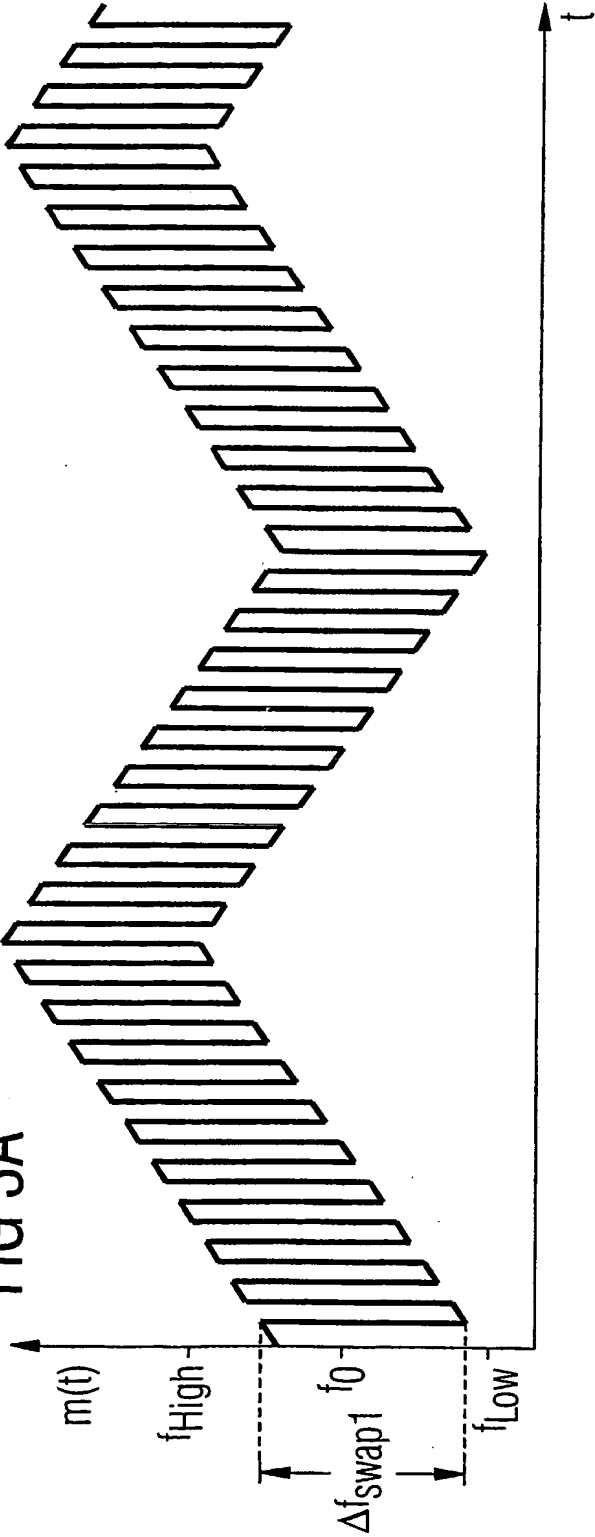


FIG 3B

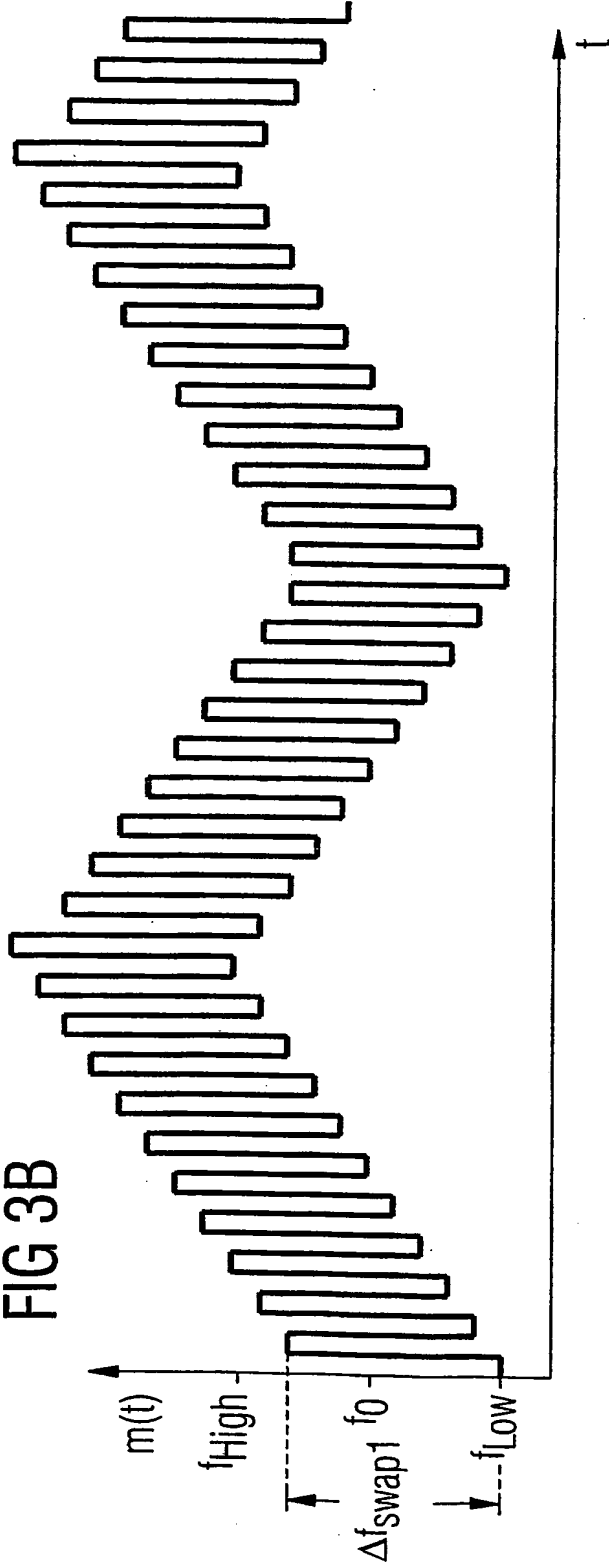


FIG 4A

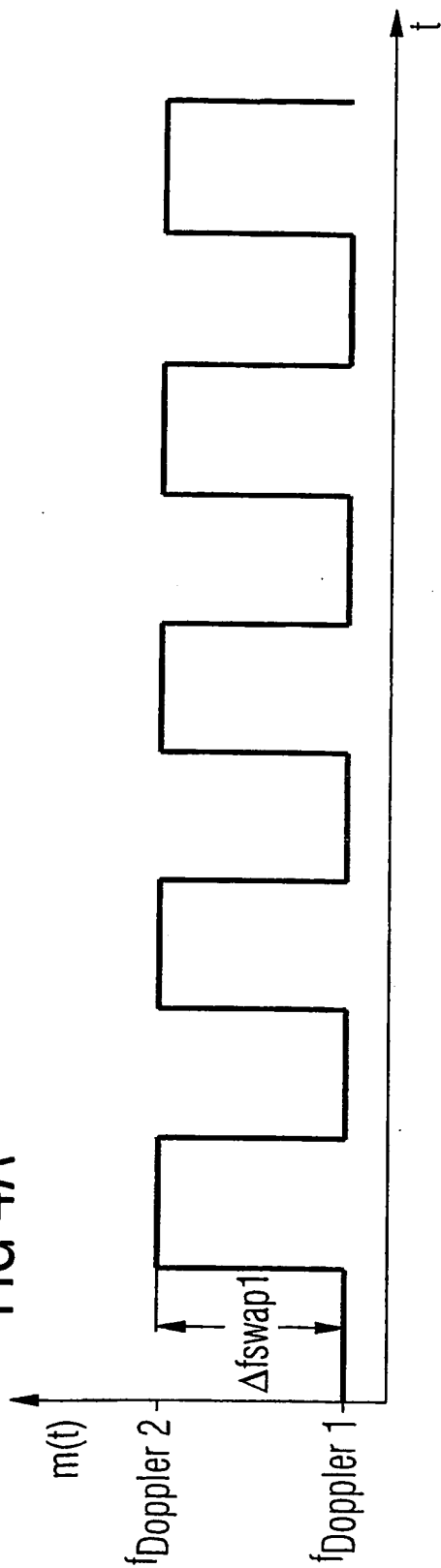
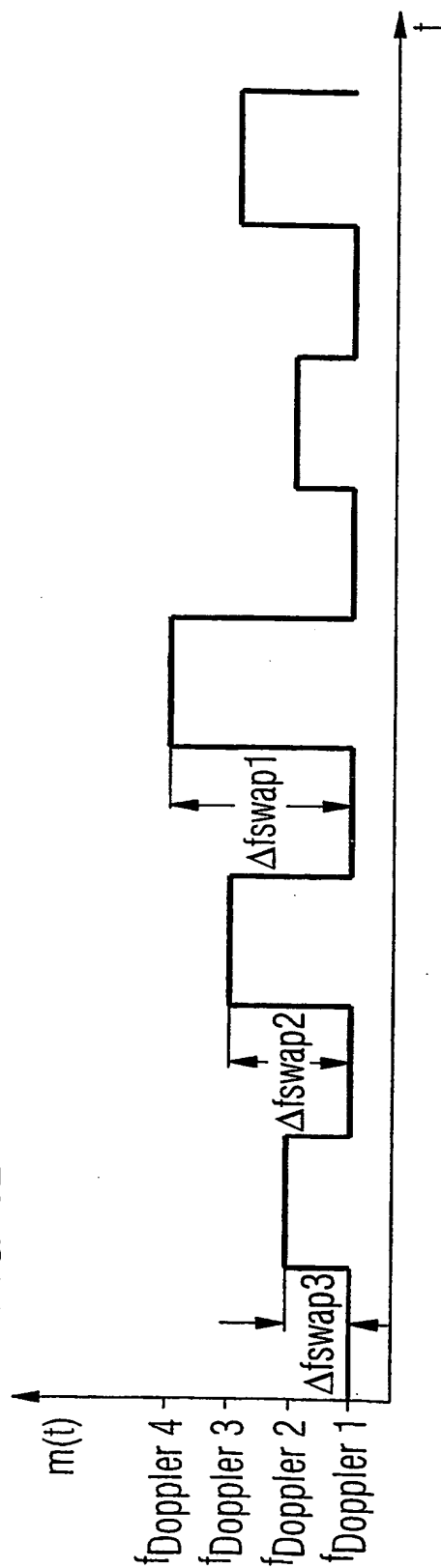


FIG 4B



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Juni 2003 (12.06.2003)

PCT

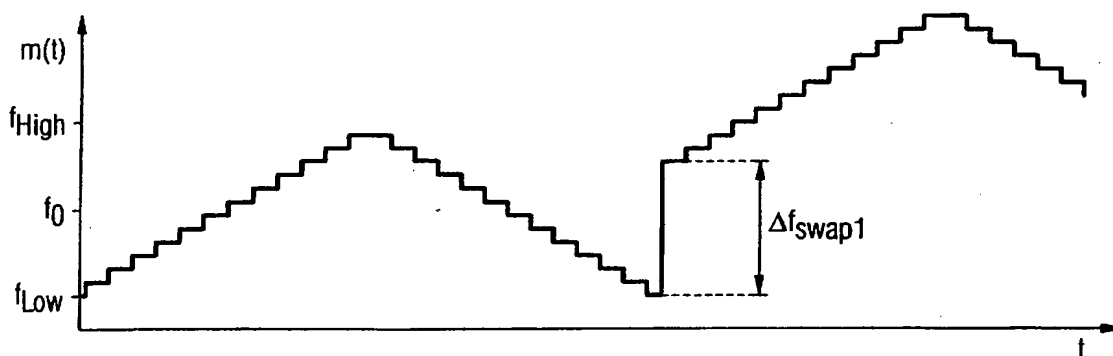
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/048802 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01S 13/58**,
13/34
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/04273**
- (22) Internationales Anmeldedatum:
20. November 2002 (20.11.2002)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:
101 58 270.6 28. November 2001 (28.11.2001) **DE**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]**;
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KUNERT, Martin**
[DE/DE]; Hans-Herget-Str. 13, 93073 Neutraubling (DE).
PREIS, Christian [DE/DE]; Birkenstr. 3, 84095 Furth
(DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-**
SELLSCHAFT; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München
(DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): **JP, KR, US.**
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).
- Erklärungen gemäß Regel 4.17:**
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die fol-
genden Bestimmungsstaaten **JP, KR, europäisches Patent**
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR)
 - Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für **US**
- Veröffentlicht:**
- mit internationalem Recherchenbericht
- (88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts: **14. August 2003**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **RADAR SYSTEM**

(54) Bezeichnung: **RADARSYSTEM**



(57) Abstract: The invention relates to a radar system which emits a frequency-modulated emission signal (T(t)) and receives a reception signal (R(t)) reflected by at least one object, in order to determine the speed and/or the distance of at least one object to be located. In order to reduce or eliminate fading effects, the inventive radar system carries out at least one frequency shift ($\Delta f_{\text{swap}1}$, $\Delta f_{\text{swap}2}$ and $\Delta f_{\text{swap}3}$) of the frequency-modulated emission signal (T(t)).

(57) Zusammenfassung: Ein Radarsystem sendet ein frequenzmoduliertes Sendesignal aus und empfängt ein von einem oder mehreren Objekten reflektiertes Empfangssignal, um die Geschwindigkeit und/oder die Entfernung von zumindest einem zu ortenden Objekt zu bestimmen. Zur Verringerung oder Elimination von Fading-Effekten führt das Radarsystem zumindest eine Frequenzverschiebung des frequenzmodulierten Sendesignals durch.

WO 03/048802 A3



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern Application No

PCT/DE 02/04273

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01S13/58 G01S13/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ROHLING H ET AL: "Waveform design principles for automotive radar systems" 2001 CIE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADAR PROCEEDINGS (CAT NO.01TH8559), 2001 CIE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADAR PROCEEDINGS, BEIJING, CHINA, 15-18 OCT. 2001, 15 - 18 October 2001, pages 1-4, XP002239085 Piscataway, NJ, USA, IEEE ISBN: 0-7803-7000-7 Kapitel I,II,IV Abbildungen 1a,4,6	1-12
P,X	DE 100 50 278 A (S M S) 25 April 2002 (2002-04-25) abstract; figures 1,3 paragraphs '0001!,'0008!-'0017! -/--	1-7,9-11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 April 2003

Date of mailing of the international search report

13/05/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Grübl, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern al Application No

PCT/DE 02/04273

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 963 163 A (KEMKEMIAN STEPHANE ET AL) 5 October 1999 (1999-10-05) abstract; figure 3 column 1, line 58 -column 2, line 14 ---	1-6,9-11
X	US 6 023 238 A (CORNIC PASCAL ET AL) 8 February 2000 (2000-02-08) abstract; figure 1A column 2, line 30-55 ---	1-5, 7-10,12
A	LISSEL E ET AL: "RADAR SENSOR FOR CAR APPLICATIONS" PROCEEDINGS OF THE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE. STOCKHOLM, JUNE 8 - 10, 1994, NEW YORK, IEEE, US, vol. 1 CONF. 44, 8 June 1994 (1994-06-08), pages 438-442, XP000496712 Kapitel IV figure 3 -----	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/04273

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 10050278	A	25-04-2002	DE WO	10050278 A1 0231529 A2	25-04-2002 18-04-2002
US 5963163	A	05-10-1999	FR EP JP	2760536 A1 0863409 A1 10253753 A	11-09-1998 09-09-1998 25-09-1998
US 6023238	A	08-02-2000	FR EP JP	2761480 A1 0867731 A1 10282227 A	02-10-1998 30-09-1998 23-10-1998

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 G01S13/58 G01S13/34		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G01S		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ROHLING H ET AL: "Waveform design principles for automotive radar systems" 2001 CIE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADAR PROCEEDINGS (CAT NO.01TH8559), 2001 CIE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADAR PROCEEDINGS, BEIJING, CHINA, 15-18 OCT. 2001, 15. - 18. Oktober 2001, Seiten 1-4, XP002239085 Piscataway, NJ, USA, IEEE ISBN: 0-7803-7000-7 Kapitel I,II,IV Abbildungen 1a,4,6	1-12
P,X	DE 100 50 278 A (S M S) 25. April 2002 (2002-04-25) Zusammenfassung; Abbildungen 1,3 Absätze '0001!,'0008!-'0017!	1-7,9-11
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 23. April 2003		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 13/05/2003
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Grühl, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 963 163 A (KEMKEMIAN STEPHANE ET AL) 5. Oktober 1999 (1999-10-05) Zusammenfassung; Abbildung 3 Spalte 1, Zeile 58 -Spalte 2, Zeile 14 -----	1-6,9-11
X	US 6 023 238 A (CORNIC PASCAL ET AL) 8. Februar 2000 (2000-02-08) Zusammenfassung; Abbildung 1A Spalte 2, Zeile 30-55 -----	1-5, 7-10,12
A	LISSEL E ET AL: "RADAR SENSOR FOR CAR APPLICATIONS" PROCEEDINGS OF THE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE. STOCKHOLM, JUNE 8 - 10, 1994, NEW YORK, IEEE, US, Bd. 1 CONF. 44, 8. Juni 1994 (1994-06-08), Seiten 438-442, XP000496712 Kapitel IV Abbildung 3 -----	12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: des Aktenzeichen

PCT/DE 02/04273

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10050278 A	25-04-2002	DE 10050278 A1 WO 0231529 A2	25-04-2002 18-04-2002
US 5963163 A	05-10-1999	FR 2760536 A1 EP 0863409 A1 JP 10253753 A	11-09-1998 09-09-1998 25-09-1998
US 6023238 A	08-02-2000	FR 2761480 A1 EP 0867731 A1 JP 10282227 A	02-10-1998 30-09-1998 23-10-1998